

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-099760
(43) Date of publication of application : 07.04.2000

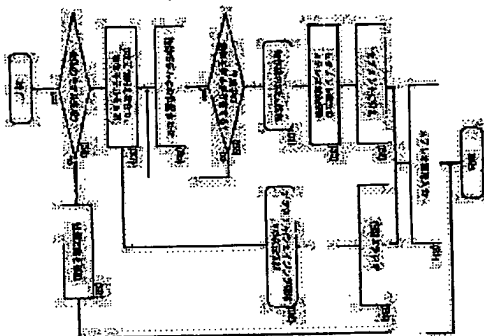
(51) Int. Cl. 606T 15/00
601B 11/24
601C 11/04

(21) Application number : 10-266643 (71) Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL
(22) Date of filing : 21.09.1998 (72) Inventor : SUMI YASUSHI
TOMITA FUMIAKI
KAWAI YOSHINIRO

(54) METHOD FOR FORMING THREE-DIMENSIONAL MODEL AND COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM RECORDING THREE-DIMENSIONAL MODEL FORMING PROGRAM

(57) Abstract
PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically form a three-dimensional(3D) model for an object by aligning and integrating 3D information from stereoscopic images obtained in plural different observing directions.

SOLUTION: Plural stereoscopic images obtained by observing an object in plural different directions are inputted (S1). A 3D outline is restored from these stereoscopic images (S4), and a 3D area is restored based on the stereoscopic images. The data (D1, D2) of these restored 3D outline and 3D area are aligned to the data of the 3D outline and 3D area of an object model in forming (S6) to integrate them as the object model (S7). Further, an observing direction is moved (S9) and the processing described above is repeated to form the whole object model.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開 2000-99760
(P 2000-99760A)
(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int. Cl. 7 606T 15/00 601B 11/24 601C 11/04
F 1 G 06 F 15/02 3 50 V 2F065 K SB050
G 01 B 11/24 G 01 C 11/04

審査請求 有 請求項の数 8 OL (全13頁)

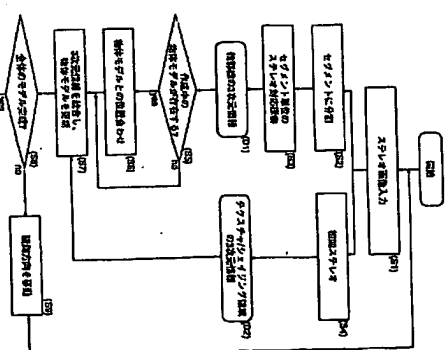
(21) 出願番号 特願平10-266643
(22) 出願日 平成10年9月21日 (1998.9.21)

(71) 出願人 000001144
工業技術院長
東京都千代田区霞が関1丁目3番1号
(72) 発明者 角 保志
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術
院電子技術総合研究所内
富田 文明
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技術
院電子技術総合研究所内
(74) 指定代理人 220000356
工業技術院電子技術総合研究所長

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元物体モデル生成方法及び3次元物体モデル生成プログラムとコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】
【課題】 複数の異なる観測方向からのステレオ画像から、3次元情報と位置合わせして統合し、物体の3次元幾何モデルを自動生成する。
【解決手段】 複数の異なる方向から物体を観測しステレオ画像を入力する (S1)。ステレオ画像から3次元輪郭線を復元する (S4)、一方、そのステレオ画像に基づき、3次元領域を復元する (S5)。これら復元された3次元輪郭線又は3次元領域の情報 (D1, D2) を、それぞれ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをし (S6)、物体モデルとして統合する (S7)。さらに、観測方向を移動して (S9)、上述の処理を繰り返し、全体の物体モデルを生成する。



本発明の発明者である角保志の住所は茨城県つくば市梅園1丁目1番4号である。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の異なる方向から物体を観測したステ

レオ画像に基づき、3次元輪郭線を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域の情報を

を、それぞれ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3

次元領域の情報と位置合わせをするステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域の情報を物体モデルとして

統合するステップとを備えた3次元物体モデル生成方

法。

【請求項2】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索処

理により、3次元輪郭線を復元するステップと、

ステレオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域を統合した物体モデルが既

に登録されているか否かを判定するステップと、

物体モデルが既に登録されている場合、復元された3次

元輪郭線又は3次元領域の情報を、物体モデルの3次元

輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをするステ

ップと、

物体モデルに3次元輪郭線を統合して、物体モデルを更

新するステップと、

物体全体のモデルが完成するまで、これまでに観測し

ていない方向に観測方向を移動させ、前記ステレオ画像を

入力するステップからそれ以下のステップによる処理を

繰り返すステップを備えた3次元物体モデル生成方法。

【請求項3】 物体モデルが既に登録されている場合、

復元された3次元輪郭線及び3次元領域を統合して、物

体モデルとして登録するステップとをさらに備えた請求項

2に記載の3次元物体モデル生成方法。

【請求項4】 前記位置合わせをするステップは、

物体を回転させてステレオ画像の入力方向を制御するこ

とによって行うことを特徴とする請求項1乃至3のい

ずれかに記載の3次元物体モデル生成方法。

【請求項5】 前記位置合わせをするステップは、

ステレオ画像から物体のエッジを抽出し、そのエッジを

セグメント化して生成される3次元幾何特徴と、異

なる観測方向から得られた別のステレオ画像から同様

に生成された3次元幾何特徴とを照合することによって

2

の3次元追跡点の対応を求めることにより、観測方向の

移動を抽出しながら観測方向を変化させることによ

つて行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載

の3次元物体モデル生成方法。

【請求項7】 複数の異なる方向から物体を観測したステ

レオ画像に基

づき、3次元輪郭線を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域の情報を

を、それぞれ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3

次元領域の情報と位置合わせをするステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域の情報を物体モデルとして

統合するステップとを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

【請求項8】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索処

理により、3次元輪郭線を復元するステップと、

ステレオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域を統合した物体モデルが既

に登録されているか否かを判定するステップと、

物体モデルが既に登録されている場合、復元された3次

元輪郭線又は3次元領域の情報を、物体モデルの3次元

輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをするステ

ップと、

物体モデルに3次元輪郭線を統合して、物体モデルを更

新するステップと、

物体全体のモデルが完成するまで、これまでに観測し

ていない方向に観測方向を移動させ、前記ステレオ画像を

入力するステップからそれ以下のステップによる処理を

繰り返すステップを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

【請求項9】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索

3

物体の3次元幾何モデルを自動生成する手法としては、

例えば次のような手法が知られている。

(1) 第1に、レーザレンジファインダなどの内部光源を

持つセンサを用いる手法がある。この手法は、センサか

ら物体にレーザーなどの光線を投射することによって物

体の3次元情報を計測し、次に、複数の異なる方向から

の3次元情報を位置合わせして統合することにより、3

次元物体モデルを生成するものである。位置合わせに

は、例えば回転テーブルを用いる手法をはじめ、その他

にも様々な手法が提案されている。

【0003】 (2) 第2に、単眼のカメラを用いる

手法がある。この手法は、単眼のカメラで複数の方向か

ら物体を撮影し、物体の3次元情報を推定するものであ

る。これに関しては、例えば物体のシルエットから3次

元情報を復元する手法をはじめ、その他にも様々な手法

が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 一般に、カメラを用

いて観測対象の3次元情報を復元する手法としては、

ステレオビジョンが代表的である。ステレオビジョンで

は、2台以上の相対位置関係が既知のカメラで撮ること

で対象を撮影し、得られるステレオ画像間で画素ごとの

対応を探索し、三角測量の原理によって3次元情報を復

元する。しかしながら、ステレオビジョンは、密な3次

元情報を得ることが難しいこと、十分な精度の3次元情

報が得られないことなどの問題点がある。また、これま

で、3次元物体モデル生成のためのセンサシステムとし

ては、ほとんど用いられてこなかった。また、従来、こ

のような問題点から、複数の観測方向から得られた3次

元情報の位置合わせについても、ステレオビジョンで復

元された3次元情報は対象とされていなかった。

【0005】 本発明は、以上の点に鑑み、複数の異なる

観測方向から観測されたステレオ画像を、ステレオビ

ジョンによって復元した3次元情報を位置合わせして統

合し、コンピュータグラフィックス、CAD、バーチャル

リアリティ、ロボットビジョンなどで利用できる物体の

3次元幾何モデルを自動生成することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る3次元物体

モデル生成方法は、主に、ステレオビジョンによって観

測された物体の3次元情報から物体の3次元幾何モデル

を自動生成する手法であって、例えばセグメントベー

スステレオと相關ステレオの2種類のステレオビジョ

ンを用いて物体の3次元情報を復元するものである。セ

4

レオ画像のある画素周辺の小領域の相關計数を評価する

ことによって対応探索を行う手法であり、これによる

れ、セグメントベースステレオでは復元できない、領

域の3次元情報を復元することができる。

【0007】 本発明においては、セグメントベースステ

レオで復元された輪郭線の3次元情報を用いて、複数

の異なる観測方向からの3次元情報の位置合わせを行

うにしている。位置合わせ手法としては、実際にシス

テムを運用する環境に応じて、例えば、以下のような手

法が採用される。

1. 回転テーブルを用いて観測方向を制御する手法。

2. 輪郭線の3次元情報をセグメンテーションして得ら

れる3次元幾何特徴と、未知の異なる観測方向から得ら

れた別のステレオ画像から同様に生成された3次元幾何

特徴とを照合することによって行う手法。

3. 輪郭線の3次元情報から選択される3次元追跡点の

位置を初期位置とし、時系列的に得られるステレオ画像

の各フレームに対してその3次元追跡点の対応を求める

ことによって行う手法。

【0008】 本発明の第1の解決手段によると、複数の

異なる方向から物体を観測したステレオ画像に基づき、

3次元輪郭線を復元するステップと、前記ステレオ画像

に基づき、3次元領域を復元するステップと、これら復

元された3次元輪郭線又は3次元領域の情報を、それぞ

れ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3次元領域

の情報と位置合わせをするステップと、3次元輪郭線及

び3次元領域の情報を物体モデルとして統合するステ

ップとを備えた3次元物体モデル生成方法を提供する。

【0009】 本発明の第2の解決手段によると、複数の

異なる方向から物体を観測したステレオ画像に基づき、

3次元輪郭線を復元するステップと、前記ステレオ画像

に基づき、3次元領域を復元するステップと、これら復

元された3次元輪郭線又は3次元領域の情報を、それぞ

れ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3次元領域

の情報と位置合わせをするステップと、3次元輪郭線及

び3次元領域の情報を物体モデルとして統合するステ

ップとを備えた3次元物体モデル生成プログラムを記録した

コンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

【0010】

【発明の実施の形態】 図1に、本発明に関連するシス

テム構成図を示す。この図は、本発明による3次元物体モ

デル生成方法を実現するためのシステム構成を示すフロ

ウ図である。このシステムは、コンピュータ1、デー

タバス2、テレビカメラ3a、3b、3c、A/D変換

40

【請求項6】 前記位置合わせをするステップは、

ステレオ画像から物体のエッジを抽出し、そのエッジを

セグメント化して生成される3次元幾何特徴と、異

なる観測方向から得られた別のステレオ画像から同様

に生成された3次元幾何特徴とを照合することによって

行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載

の3次元物体モデル生成方法。

【請求項10】 複数の異なる方向から物体を観測したステ

レオ画像に基

づき、3次元輪郭線を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステ

レオ画像に基

づき、3次元領域の情報を

を、それぞれ作成中の物体モデルの3次元輪郭線又は3

次元領域の情報と位置合わせをするステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域の情報を物体モデルとして

統合するステップとを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

【請求項11】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索処

理により、3次元輪郭線を復元するステップと、

ステレオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域を統合した物体モデルが既

に登録されているか否かを判定するステップと、

物体モデルが既に登録されている場合、復元された3次

元輪郭線又は3次元領域の情報を、物体モデルの3次元

輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをするステ

ップと、

物体モデルに3次元輪郭線を統合して、物体モデルを更

新するステップと、

物体全体のモデルが完成するまで、これまでに観測し

ていない方向に観測方向を移動させ、前記ステレオ画像を

入力するステップからそれ以下のステップによる処理を

繰り返すステップを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

【請求項12】 物体をある方向から観測したステレオ画像

50

【請求項13】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索

処理により、3次元輪郭線を復元するステップと、

ステレオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域を統合した物体モデルが既

に登録されているか否かを判定するステップと、

物体モデルが既に登録されている場合、復元された3次

元輪郭線又は3次元領域の情報を、物体モデルの3次元

輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをするステ

ップと、

物体モデルに3次元輪郭線を統合して、物体モデルを更

新するステップと、

物体全体のモデルが完成するまで、これまでに観測し

ていない方向に観測方向を移動させ、前記ステレオ画像を

入力するステップからそれ以下のステップによる処理を

繰り返すステップを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

【請求項14】 物体をある方向から観測したステレオ画像

を入力するステップと、

ステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割

し、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索

処理により、3次元輪郭線を復元するステップと、

ステレオ画像に基

づき、3次元領域を復元するステップと、

3次元輪郭線及び3次元領域を統合した物体モデルが既

に登録されているか否かを判定するステップと、

物体モデルが既に登録されている場合、復元された3次

元輪郭線又は3次元領域の情報を、物体モデルの3次元

輪郭線又は3次元領域の情報と位置合わせをするステ

ップと、

物体モデルに3次元輪郭線を統合して、物体モデルを更

新するステップと、

物体全体のモデルが完成するまで、これまでに観測し

ていない方向に観測方向を移動させ、前記ステレオ画像を

入力するステップからそれ以下のステップによる処理を

繰り返すステップを備えた3次元物体モデル生成フ

ロ

グラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒

体。

5
 5
 れのアナログ出力がA/D変換器4a, 4b, 4cによりデジタル信号に変換されて、データバス2に送出される。回転角度をコンピュータ1によって制御される。画像メモリ6は、テレビカメラ3a, 3b, 3cで撮像した物体の画像データを格納する。データバス2は、画像を表示するためのCRや液晶・プラズマ表示装置等である。ハードディスク10は、システムソフトウェア、画像データ、ステレオビデオによって復元された3次元情報、およびその3次元情報を統合して生成された3次元物体モデルデータを保存する。入力装置11は、例えばCDドライブ装置を用いる。システムソフトウェア、各種データ等を記録させたCD-ROMを読み取るための装置である。システムソフトウェアは、例えばこの入力装置11によってハードディスク10にインストールされる。さらに、このシステムは、データバス2を介して、外部のホストコンピュータ等と接続されている。

10
 10
 100121図2には、本発明に係る3次元物体モデル生成方法のフローチャートを示す。すなわち、この図では、入力ステレオ画像に基づき復元された3次元情報から、3次元物体モデルを生成するための処理の流れが示されている。まず、図1に示されたような3台のカメラ3a, 3b, 3cのうちの2台または3台を使い、物体をある方向から観測したステレオ画像を入力する(ステップS1)。3台のカメラで画像を入力することにより、計算コストは多く要するものの、ステレオ法による3次元情報復元をより高精度にすることができ、なお、1台のカメラで順次多方向から観測するようにしてもよい。

30
 30
 100131例えばセグメントベースステレオによる処理フローでは、まず、このステレオ画像からエッジを抽出してセグメントに分割する(ステップS2)。その後、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索の処理を行い(ステップS3)、輪郭線の3次元情報(ステップD1)を復元する。一方、このような処理フローで並行して、例えば相關ステレオによる処理フローでは、ステップS1で入力された同じステレオ画像に基づき、画素間の相関に基づき、相關ステレオの処理を行い(ステップS4)、テクスチャ領域およびシェイプ領域の3次元情報(ステップD2)を復元する。ここで、テクスチャ領域とは、細かい微細が存在する領域である。また、シェイプ領域とは、滑らかな曲面が光源との位置関係に基いて、その明るさを少しずつ変化させている領域である。

40
 40
 100141つぎに、現在作成中の物体モデルが既に登録されているか否かの判断を行う(ステップS5)。ここで、物体モデルが既に登録されているば、輪郭線の3次元情報(ステップD1)を用いて、登録された物体モデルとの位置合わせを行い(ステップS6)、物体モデルにステップS1及びD2を統合し、物体モデルを更新する(ステップS7)。

6
 6
 する(ステップS7)。なお、ステップS6における位置合わせについては、領域の3次元情報に基づいてそれを行うようにしてもよい。輪郭線及び領域の両方の情報によりそれを行うようにしてもよい。一方、ステップ(ステップS5)で、物体モデルがまだ登録されていないば、ステップD1及びD2を統合し、物体モデルとして登録する(ステップS7)。

10
 10
 100151つぎに、物体全体のモデルが完成しているかどうかの判断を行う(S8)。ここで、全体のモデルが完成していないければ、これまで観測していない方向に観測方向を移動させ(S9)、上述のようなステップS1～S8及びD1, D2の処理を繰り返す。一方、全体のモデルが完成していれば、処理を終了する。

20
 20
 100161次に、具体的なステレオ画像を用いて、上述の処理を詳細に説明する。まず、物体をある方向からステレオカメラシステムで観測し、ステレオ画像を入力する(ステップS1)。これを、第一観測方向からのステレオ画像とする。図3に、入力ステレオ画像の説明図の一例を示す。この場合、3眼のCCDカメラにより、640×480pixels, 2.56gray-levelsで画像を入力した。

30
 30
 100171図4に、ステレオ画像から復元した輪郭線の3次元情報を表す説明図を示す。ここでは、図3のステレオ画像から、エッジを抽出してセグメントに分割し(ステップS2)、セグメントを対応の単位とするステレオ対応探索の処理を行うことにより復元した(ステップS3)。このようなエッジセグメントを用いたステレオ法は、一般に、セグメントベースステレオと呼ばれる。セグメントベースステレオによれば、輪郭線の3次元情報を高精度で得ることができ、以下では、このようにして復元された輪郭線の3次元情報を、単に「3次元輪郭線」と呼ぶことにする(ステップD1)。

40
 40
 100181つぎに、このような3次元輪郭線の特徴点及び3次元幾何特徴について説明する。図5に、輪郭線の3次元情報からセグメントに分割される特徴点を表す説明図を示す。3次元輪郭線は、その復元処理過程において、図示のような各種特徴点で分割される。特徴点には、例えば、分岐点、屈曲点、変曲点、遷移点等がある。これらの特徴点は、3次元輪郭線の形状に固有の特徴である。

50
 50
 100191また、図6に、3次元幾何特徴の構造についての説明図を示す。上述の特徴点上に、図6に示すような、例えば、二つのベクトルV1及びV2と、これらのベクトルに対する法線ベクトルV3からなる3次元幾何特徴を構成することができ、この他の3次元幾何特徴の表現としては、輪郭線を円に近似した際の円中心を起点とし、輪郭線方向へのベクトルU1、円面の法線方向のベクトルU2及び実際の特徴点へのベクトルU3により、構成することもできる。

100201つぎに、図7に、ステレオ画像から復元したテクスチャ/シェイプ領域の3次元情報について

7
 7
 の説明図を示す。これは、図3のステレオ画像から、相關ステレオによって画素間の相関値に基づいて復元した3次元情報である(ステップS4)。一般に、相關ステレオは、ステレオ画像のある画素周辺の領域の相關計数を算出することによって、対応探索を行う手法である。相關ステレオでは、セグメントベースステレオでは復元が困難な、テクスチャ領域やシェイプ領域の3次元情報を復元することができ、以下では、相關ステレオで復元された3次元情報を、単に「3次元領域」と呼ぶことにする(ステップD2)。

10
 10
 100211この段階では、作成中の物体モデルはまだ登録されていないので、作成された3次元輪郭線(図4)と3次元領域(図7)とを統合し、(第一観測方向からの)物体モデルとして登録する(ステップS7、その1)。以下では、単に物体モデルといえ、システムに登録されている、現在作成中の物体モデルをいうこととする。通常、第一観測方向から観測されるステレオ画像だけでは、物体全体の3次元情報を復元することはできない。このため、複数の異なる観測方向からの3次元情報を位置合わせして統合することにより、物体全体の幾何モデルを生成する(ステップS8, S9)。

20
 20
 100221図8に、図3とは異なる方向から同じ物体を観測して得られたステレオ画像の説明図の一例を示す。このステレオ画像が入力され(ステップS1、その2)、これに基づいて、上述と同様に、第二観測方向からの3次元輪郭線(ステップD1、その2)及び3次元領域(ステップD2、その2)を求める。

30
 30
 100231図9に、図8のステレオ画像から復元した3次元輪郭線の説明図を示す。また、図10に、図8のステレオ画像から復元した3次元領域の説明図を示す。この段階では、既に作成中の物体モデルに登録されているので、この物体モデルと、新たに復元された3次元輪郭線/領域を位置合わせして(ステップS6)、これらを統合する(ステップS7、その2)。

40
 40
 100241図11に、3次元情報と物体モデルの位置合わせ、統合についての説明図を示す。図11(A)は、図4の物体モデルの3次元輪郭線のみを示す。図11(B)は、図9の3次元輪郭線を表す。第一観測方向からの物体モデル(図4)と、第二観測方向から観測された3次元輪郭線/領域(図9)との位置関係は、物体モデルの各点の座標値 $X = [x \ y \ z]^T$ を、3次元輪郭線/領域に一致するように移動させる 4×4 座標変換行列によって表すことができる。座標変換行列Tは、例えば式で表され、後述するような位置合わせ手法等により、特定される。

100251
 100251
 [数1]

$$T = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、Rは3×3回転行列、tは3×1平行移動ベクトルである。

100261図11(C)に示されるように、特定された座標変換行列によって、Xを座標変換し、物体モデルと3次元輪郭線/領域とを統合する。ここで、重畳する3次元情報があれば除去し、物体モデルを更新する。以上の処理により、物体全体の幾何モデルが完成していないば、終了である。一方、まだ観測できていない部分があれば、更にその部分が見える位置に観測方向を移動し、上述の処理を繰り返す。物体全体の幾何モデルを生成するために必要な観測方向は、物体の形状や物体モデルの用途にもよるが、おおむね3～6方向程度が妥当である。

100271つぎに、図12に、物体モデルの統合結果の説明図を示す。この図は、図3及び図8に示されたステレオ画像に、更にもう1方向のステレオ画像を加えて、計3方向からの観測データを統合して得られた物体モデルを示す。次に、図2ステップS9の観測方向の移動に関し、位置合わせ手法について説明する。位置合わせには、例えば、以下のような三種の手法がある。

100281(1)位置合わせ手法1(移動/パラメータ既知)

30
 30
 第1の手法は、回転テーブルを用いて、観測方向の移動量を制御する手法である。物体をコンピュータから制御できる回転テーブル上に載せ、カメラシステムは固定する。あらかじめ、回転テーブルのカメラシステムに対する位置姿勢を校正しておく。図2ステップS9における観測方向の移動は、回転テーブルを必要だけ回転することによって行う。このとき、図2ステップS6において、上述の座標変換行列Tは、既知の回転角度から直接算出することができ、この手法では、常に安定した位置合わせが可能である。

100291(2)位置合わせ手法2(移動/パラメータ既知)

40
 40
 図13に、位置合わせ手法2についてのフローチャートを示す。第2の手法は、未知の観測方向からの3次元情報を位置合わせする手法である。ここでは、3次元幾何特徴を用いることにより、輪郭線の3次元情報と物体モデルとの位置合わせをするための処理の流れを示している。

100301まず、現在作成中の物体モデルと、新たに復元された3次元輪郭線を入力し(ステップS10)、3次元輪郭線に上述したような3次元幾何特徴を付加する(ステップS11)。この3次元幾何特徴と、物体モデルに含まれている3次元幾何特徴とを照合して位置合わせの候補を探索する(ステップS12)。こうして得られたそれぞれ位置合わせ候補について物体モデルの

検証点を選択する(ステップS13)。そして、この検証点を用いて、各位置合わせ候補の直かしさを検証し、正しい位置合わせを選択し、同時にその位置合わせの精度を微調整する(ステップS14)。

【0031】次に、図14～図16を参照して、位置合わせ手法2の具体的な処理を説明する。図14に、位置合わせ手法2の処理についての説明図を示す。図15に、位置合わせ候補を探索するための3次元検知特徴の照合についての説明図を示す。また、図16に、位置合わせ候補の検証・微調整についての説明図を示す。

【0032】図14(A)に示すように、新たに復元された3次元検知線上には、3次元検知特徴が付加される。作成中の物体モデルにも、同様の3次元検知特徴が付加されている。これらの3次元検知特徴を照合して、形状が類似したものを探索する。3次元検知特徴は、例えば、前述のように2つのベクトル及びその法線ベクトルからなるので、図15に示すように、物体モデルの検知特徴を3次元検知線の検知特徴に移動させる座標変換行列は一意に決まる。一般に、類似した3次元検知特徴の組は複数得られるので、この時点で、正しい位置合わせを判別することはできず、図14(B)に示したような、位置合わせの候補がいくつか得られるのである。そこで、位置合わせ候補のそれぞれについて、物体モデルを移動させ、物体モデルの検知線上から図16に示すような3次元検証点を選択し、これらの検証点の近傍に3次元検知線が存在するかどうか探索する。ここで、3次元検知線が存在すれば、各検証点とその3次元検知線上の対応点との距離が最小になるような座標変換行列T'を、最小自乗法によって算出し、位置合わせの精度を向上させる。T'は、例えば次式で表される。

$$T' = \begin{bmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【数2】

物体モデルの検証点の位置Pを3次元検知線上の対応点P₀に一致するように移動させる最適なR'、t'を、次式を最小にする最小自乗法によって算出する。ここで、nは検証点と対応点の組の数である。

【0034】

【数3】

$$e^2 = \sum_{i=1}^n \|R'P_{0i} + t' - P_{0i}\|^2$$

【0035】また、次式で微調整後の物体位置が表わされる。なお、nが小さいか、位置合わせ精度が十分でないときは、新たに得られた物体位置に物体モデルを移動させ、検証点の選択から処理を一定の回数上限として繰り返す。繰り返し回数の上限は、おおむね5～10回程度が適当である。

R=R' R

t=t'+t
【0036】このようにして、全ての候補について上述のような位置合わせ候補の検証・微調整についての処理を行う。最も大きい値が得られた候補が、最も適切な位置合わせ結果であると考えられるので、これを最終的な位置合わせ結果とする。位置合わせ手法2では、回転・平行などの変位を使わずに位置合わせをすることができ、ただし、観測方向を移動させる際には、ある程度物体モデルと重複した3次元検知線が得られるようにしなければならぬ。また、位置合わせ手法2では、別のステレオカメラシステムであらかじめ撮影しておいたステレオ画像の組を元として用い、まためて3次元情報の復元、位置合わせ、統合することも可能である。

【0037】(3) 位置合わせ手法3。(移動・パラメータ追跡)

図17に、位置合わせ手法3についてのフローチャートを示す。第3の手法は、観測方向の移動を換出しながらその観測方向を変化させる手法である。まず、物体モデルを入力し(ステップS15)、追跡点を選択する(ステップS16)。対象物体またはカメラシステムの位置姿勢を少しずつ移動させながら時系列ステレオ画像を1フレーム入力し(ステップS17)、物体モデルの追跡点のフレーム間の対応を探索して(ステップS18)、観測方向のフレーム間での微小移動量を計測する(ステップS19)。適正な位置までの観測方向の移動を完了したかどうかの判定を行う(ステップS20)。ここで、観測方向の移動が完了していなければ、ステップS16～S20の処理を繰り返す。T₁, T₂, ..., T_nを算出する。ここで、nは繰り返し回数である。一方、観測方向の移動が完了していれば、これまで繰り返した微小移動のトータルを、次式のように算出し、終了する。

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_n$$

【0038】ここで、ステップS16～S20の1回の処理時間は、1/10秒以下であり、少なくとも毎秒数フレームを処理することができる。また、ここで算出した観測方向の移動は、図2のステップS6における位置合わせの座標変換行列として、そのまま用いることができる。

【0039】物体モデルの追跡点の選択(ステップS16)と、追跡点のフレーム間の対応探索(ステップS18)は、それぞれ、位置合わせ手法2の微調整処理における、検証点の選択、検証点近傍の対応点探索に相当する処理である。位置合わせ手法3では、時系列的なステレオ画像が入力されるので、フレーム間の時間差は、多くとも数百ミリ秒であり、その移動量はごくわずかであると仮定できる。このことから、位置合わせ手法2における位置合わせ候補の探索に相当する処理は必要なく、現在の物体モデルの位置を初期位置として、図16のような微調整処理をするだけで、座標変換行列を算出することができる。

【0040】ただし、位置合わせ手法3では、時系列ステレオ画像を長時間で高速に処理する必要があるため、フレーム毎に3次元検知線を復元することは困難である。このため、(1) 追跡点に対応する対応点の探索を3枚のステレオ画像のそれぞれの画像上でを行い、(2) 探索の結果得られた対応点の3次元情報を復元し、(3) その対応点の3次元座標値にモデルの追跡点を移動させるT_iを、数式(2)と同様に算出する、という手順をとる。

【0041】なお、本発明の3次元モデル生成方法は、記録媒体としてCD-ROMや磁気テープなどを用い、ステレオ、ソフトウェア、データ等を記録して、記録媒体として復元・提供することができる。

【0042】

【発明の効果】以上のように、本発明によると、複数の異なる観測方向から観測されたステレオ画像から、ステレオビジョンによって復元した3次元情報を位置合わせして統合し、コンピュータグラフィックス、CAD、バーチャルリアリティ、ロボットビジョンなどで利用できる物体の3次元検知モデルを自動生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関連するシステム構成図。

【図2】本発明に係る3次元物体モデル生成方法のフローチャート。

【図3】入力ステレオ画像の説明図。

【図4】ステレオ画像から復元した輪郭線の3次元情報を表す説明図。

【図5】輪郭線の3次元情報がセグメントに分割される特徴点を表す説明図。

【図6】3次元検知特徴の構造についての説明図。

【図7】ステレオ画像から復元したテクスチャ/シェイ

ジンク領域の3次元情報についての説明図。

【図8】図3とは異なる方向から同じ物体を観測して得られたステレオ画像の説明図。

【図9】図8のステレオ画像から復元した3次元検知線の説明図。

【図10】図8のステレオ画像から復元した3次元領域の説明図。

【図11】3次元情報と物体モデルの位置合わせ・統合についての説明図。

【図12】物体モデルの統合結果の説明図。

【図13】位置合わせ手法2についてのフローチャート。

【図14】位置合わせ手法2の処理についての説明図。

【図15】位置合わせ候補を探索するための3次元検知特徴の照合についての説明図。

【図16】位置合わせ候補の検証・微調整についての説明図。

【図17】位置合わせ手法3についてのフローチャート。

【符号の説明】

1 コンピュータ

2 データバス

3 a, 3 b, 3 c テレビカメラ

4 a, 4 b, 4 c A/D変換器

5 回転テーブル

6 画像メモリ

7 デイスケット装置

8 フロッピー

9 キーボード/ターミナル

10 ハードディスク

11 入力装置

【図7】

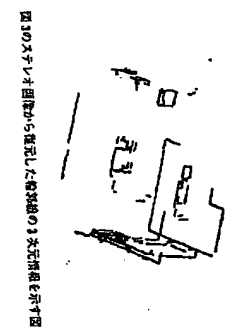
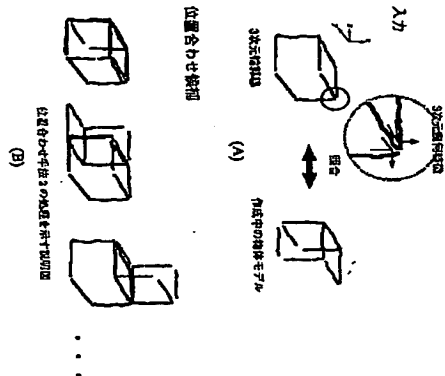


図4のステレオ画像から復元した輪郭線の3次元情報を表す図

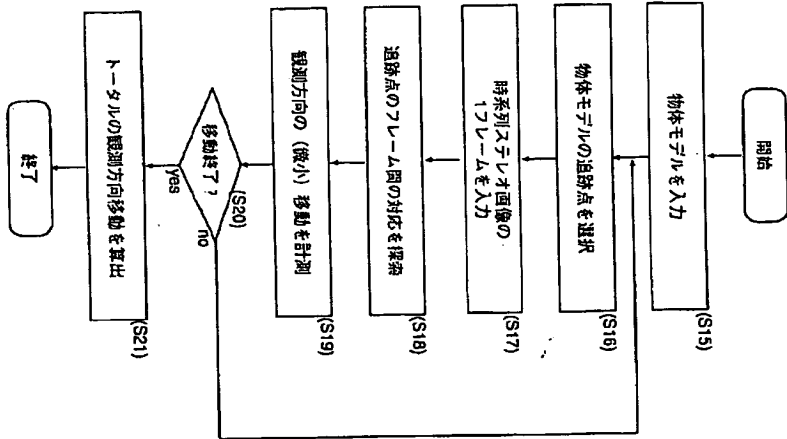


図7のステレオ画像から復元したテクスチャ/シェーディング情報の3次元情報を表す図

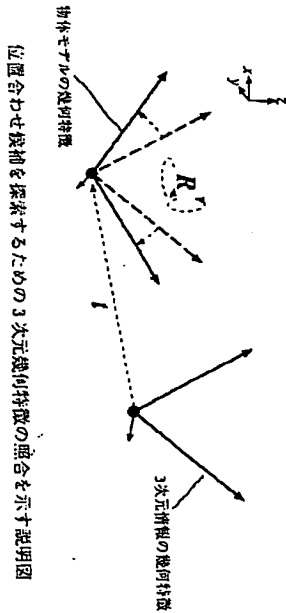
【図 14】



【図 17】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 河井 良浩
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技
術院電子技術総合研究所内

Fターム(参考) 2F065 A63 B05 D003 F01 F05

J103 J126 M004 P13 Q004
Q021 Q024 Q032 R05 SS13
5B050 BA09 CA04 DA07 EA05 EA06
EA07 EA19 EA27 EA28